



Eco-Radio Intelligente

Christophe Moy, Jacques Palicot

► To cite this version:

Christophe Moy, Jacques Palicot. Eco-Radio Intelligente. Journée Eco-Radio du GdR ISIS, May 2015, Paris, France. hal-01151745

HAL Id: hal-01151745

<https://hal.science/hal-01151745>

Submitted on 13 May 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CentraleSupélec

Eco-Radio Intelligente / Cognitive Green radio

Christophe MOY, Jacques PALICOT

Centrale Supélec

Campus de Rennes

IETR – UMR CNRS 6164

Journée GdR ISIS « Eco-Radio »

06/05/2015



CentraleSupélec



UNIVERSITÉ DE NANTES



Plan de la présentation

Equipe SCEE

Radio Intelligente et éco-radio intelligente

Exemples de travaux en éco-radio intelligente

Approche très pragmatique,
d'électronicien, dans l'objectif
d'une mise en œuvre (en utilisant
ou modifiant des algos existants)

Plan de la présentation

Equipe SCEE de Centrale Supélec

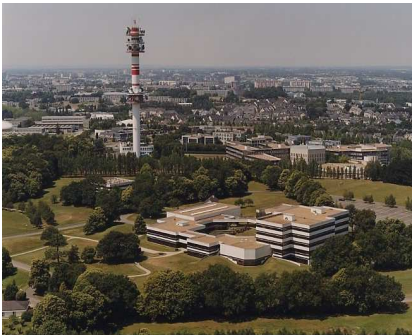
Radio Intelligente et éco-radio intelligente

Exemples de travaux en éco-radio intelligente

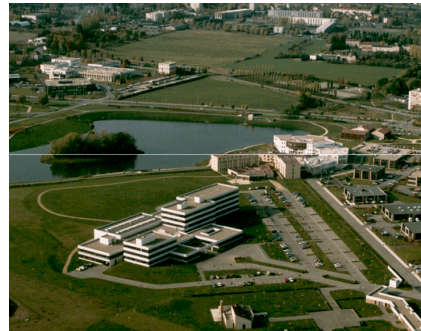
Centrale Supélec - CS

Fusion en janvier 2015 entre

- Supélec (3 campus)
- Ecole Centrale Paris



Campus de Rennes



Campus de Metz



Campus de Châtenay Malabry



Campus de Gif sur Yvette
Campus de Paris Saclay

**Equipe SCEE sur
le campus de
Rennes**



Eco-Radio Intelligente – Christophe MOY – Centrale Supélec – IETR

IETR – Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes

Membres de l'IETR

- CNRS (INSIS)
- Université de Rennes 1
- INSA De Rennes
- Centrale Supélec
- Université de Nantes



Départements

- Antennes et Dispositifs Hyperfréquences
- Communications
- Image et Automatique
- Propagation, Localisation et Télédétection
- Microélectronique et Microcapteurs

Equipe SCEE de
Centrale Supélec

Plateaux techniques

Eco-Radio Intelligente – Christophe MOY – Centrale Supélec – IETR



Equipe de recherche SCEE

SCEE : Signal, Communications et Electronique Embarquée – permanents :



Prof. Jacques Palicot
(responsable d'équipe)



Prof. Yves Louet



Prof. Christophe Moy



Prof. Carlos Faouzi Bader



Prof. Amor Nafkha



Prof. Pierre Leray



Prof. Jacques Weiss,



Prof. Gilles Tourneur



Prof. Pascal COTRET



Prof. Honggang Zhang

SCEE

- Publications in Journals/major conferences (2012-2013) : 15/68
- Project involvement (2012-2013) \approx 13 (National and International)
- Attracted funding (2012-2013) \approx 1M€

- **Invited International Expert**
- Zhejiang University (Hangzhou, China)
- International Chair Professor, European University of Brittany (UEB) - CominLabs
- Period: 2012/12-2014/12
- Main focus is on "Green and Cognitive Radio"

Thèmes de recherche de SCEE

Radio logicielle, radio intelligente, éco-radio (software radio, cognitive radio, green radio)

Main applications context

— Digital communications and signal processing (5 PhD)

- Non-linearities and **PAPR**, Blind MIMO demodulation, synchronisation,...
- Equalization and estimation (blind, semi-blind,...)
- **Green communications and Cognitive Radio**
- Flexible multicarrier waveforms for future wireless networks

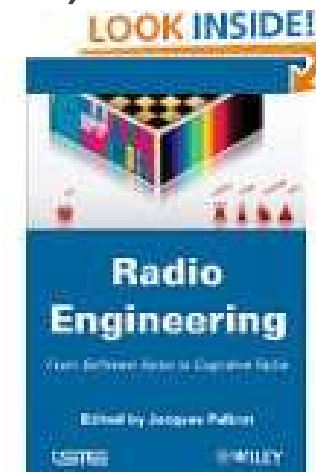
— SDR/SDN and Cognitive Radio architectures (4 PhD)

- Reconfiguration and **cognitive management** for heterogeneous architecture (HDRem, HDCRAM) and **systems**
- **Learning for cognitive radio equipments for** OSA and **green criteria**
- SDR/SDN design (operator approach, graph optimization, MDA)
- **Power-efficient communications and electronics**

— Sensors for Cognitive Radio (3 PhD)

- **Sensorial radio bubble**
- Multilayers sensors
 - » Spectrum holes (white spectrum) detection
 - » Blind Standard Recognition Sensor (BSRS)

Cognitive Systems and 5G Dynamic Future Wireless Networks, Sensor network, Internet of Things, Smart Grid



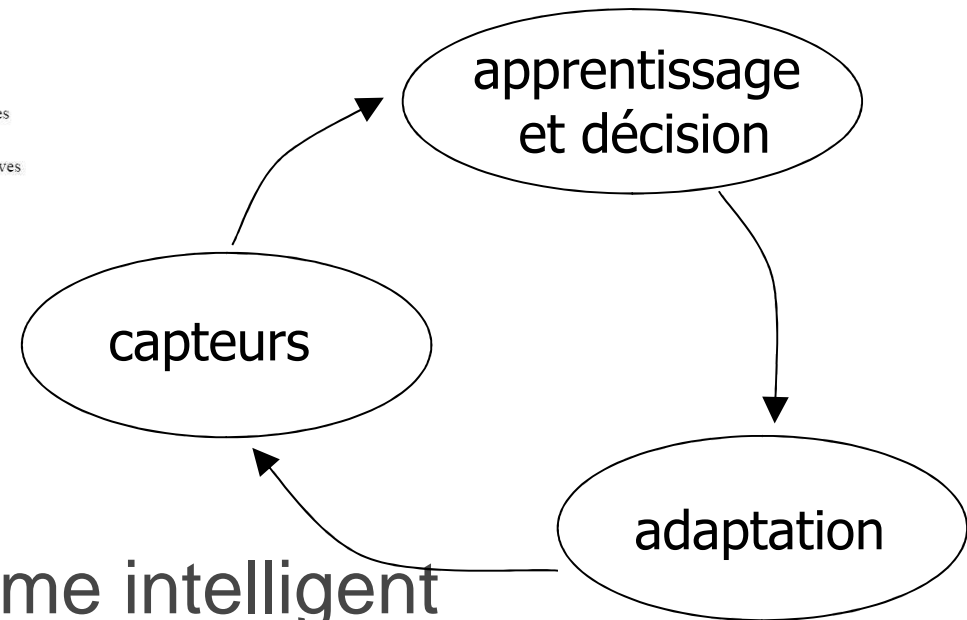
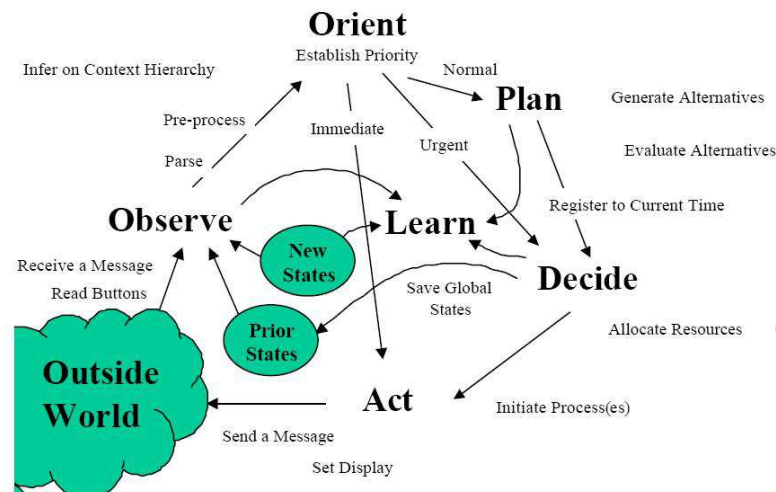
Plan de la présentation

Equipe SCEE

Radio Intelligente et éco-radio intelligente

Exemples de travaux en éco-radio intelligente

Le cycle intelligent (cognitive cycle)



Applicable à tout système intelligent

- Capteurs
- Moyens d'apprentissage et de prise de décision
- Possibilités d'adaptation

Selon un critère : qualité de service / coût / conso...

- [1] Joe MITOLA, Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio. PhD Thesis, Royal Inst of Technology (KTH) (2000)
- [2] Loïc GODARD, Christophe MOY, Jacques PALICOT, "From a Configuration Management to a Cognitive Radio Management of SDR Systems", CrownCom'06, 8-10 June 2006, Mykonos, Greece

Radio intelligente pour proposer des solutions d'accès dynamique au spectre

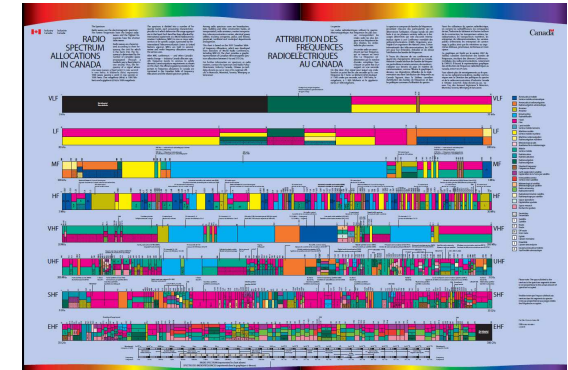
La radio intelligente est souvent restreinte à l'amélioration de l'utilisation du spectre

Le spectre radio est alloué à 100%

- Besoin d'envisager de nouvelles méthodes d'accès au spectre en rupture avec ce qui est fait depuis 100 ans

Accès dynamique au spectre grâce à la radio intelligente

- Standards: TV White Spaces / Licence Sharing Access (LSA)
 - ETSI RRS
 - US essaie de rattraper son retard (PCAST et IEEE Dyspan)
- Recherche: Opportunistic Spectrum Access (OSA)





Eco-radio intelligente (cognitive green radio)

La radio intelligente, ce n'est rien d'autres que l'**auto-adaptation** de l'équipement/du système radio à son environnement au sens large

→ quel objectif ?

→ critère « green » → éco-radio intelligente

Peut se décliner de plusieurs manières

- Consommation énergétique
- Exposition des personnes aux ondes électro-magnétiques
- Préservation de zones spectrales vierges
- *etc.*

Notion introduite dans

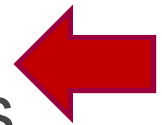
[3] Jacques PALICOT, "Cognitive Radio: An Enabling Technology for the Green Radio Communications Concept," *Proc. IWCMC'09*, Leipzig, Germany, June 2009



Contributions de la radio intelligente et de l'éco-radio

L'éco-radio intelligente, c'est :

1.0 - Rendre les appareils ou systèmes radio plus intelligents et adaptatifs → auto-adaptatifs



2.0 - Utilisation la radio intelligente pour ajouter des communications à des systèmes pour les rendre intelligents

- C'est le nombre de connexions neuronales qui fait l'intelligence, pas seulement le nombre de neurones
- Smart grid, smart home, smart cities, smart transport systems...

Plan de la présentation



Equipe SCEE

Radio Intelligente et éco-radio intelligente

Exemples de travaux en éco-radio intelligente



3 exemples de travaux actuellement à SCEE à 3 échelles différentes

Micro-niveau (puce)

- Économie de consommation pour les communications dans une puce à plusieurs milliers de processeurs (CMP: Chip Multi-Processors)
- Projet ANR : WiNoCoD

Niveau équipement (terminal)

- Accès opportuniste au spectre avec critère de « qualité »
- Projet du LabEx CominLabs : TEPN

Niveau système

- Chaire UeB/CominLabs de Honggang ZHANG
- Projet GREAT

Eco-Radio à un micro-niveau

Projet ANR : WiNoCoD - Wired RF-based
Network On Chip Reconfigurable On Demand

ETIS (leader), LIP6, Centrale Supélec, NXP

Thèse de Eren UNLU

Appliquer les principes de la radio intelligente
(réseaux sans fil habituellement) à l'intérieur
d'une puce multi-processeurs : RF NoC

Architecture many-cœurs WiNoCoD

Puce multi-processeurs à 2048 cœurs

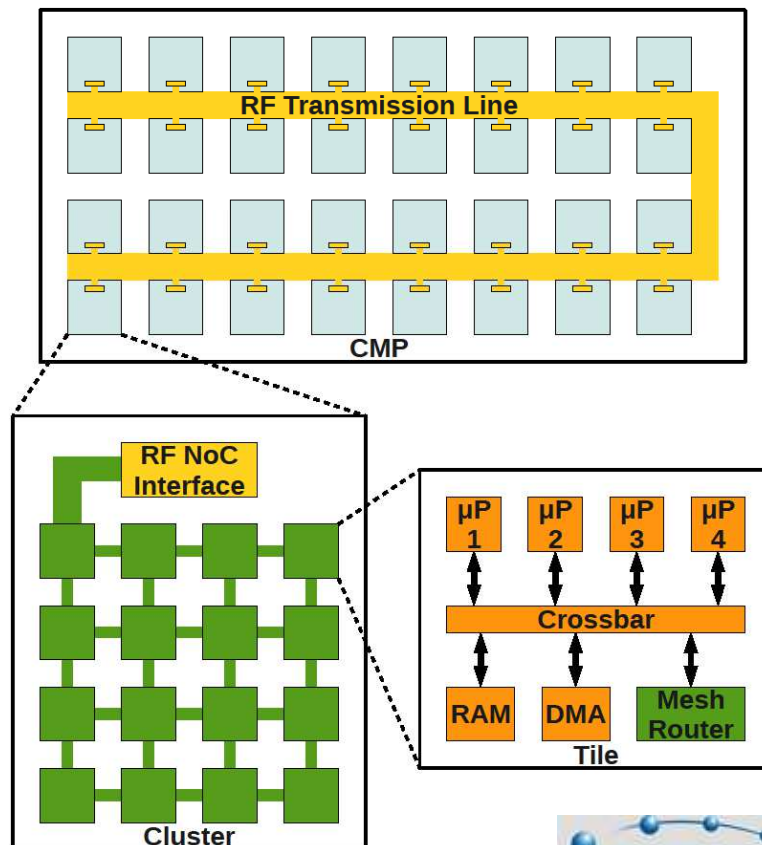
Répartis en 32 clusters de 16 tuiles de 4 cœurs

Communications intra-puce

- à l'échelle des tuiles : crossbar
- à l'échelle des clusters : mesh 2D
- à l'échelle inter-clusters : RF NoC guidé (ligne en serpent)

Mémoire distribuée donc des messages sur le NoC

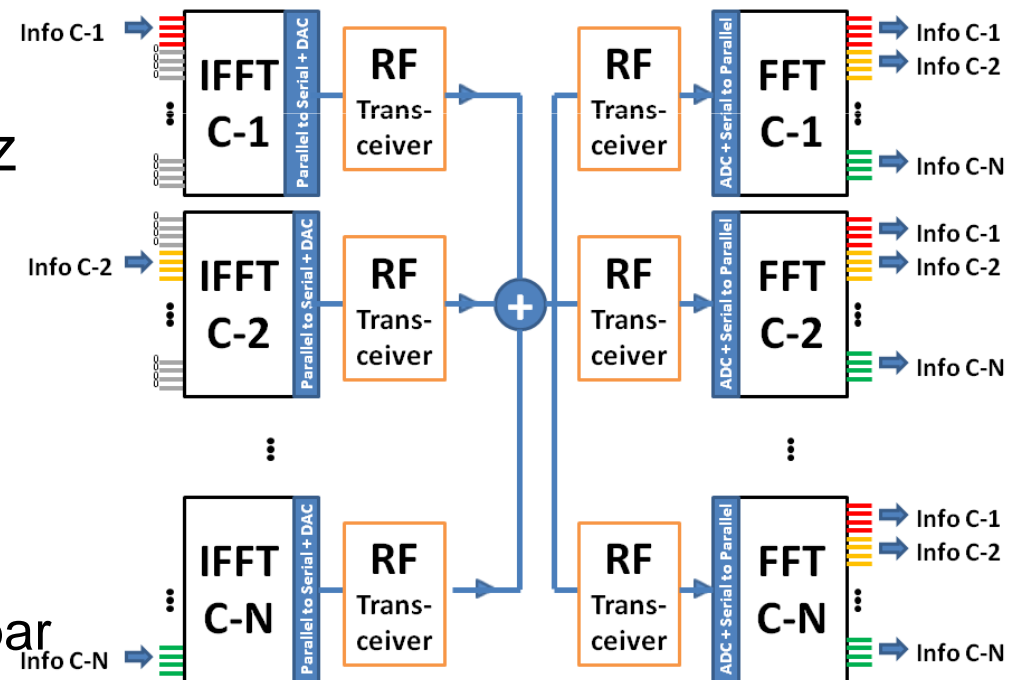
- longs pour les données (20%)
- courts (1 flit de 64 bits) pour la cohérence de cache (80%)
- diffusion de messages



RF NoC

WiNoCoD a opté pour un schéma de comm. inter-cluster OFDMA à 1024 porteuses

- SWMR - Single Write Multiple Read
 - Capacité de diffusion
- 32 RF Tansceivers
- Bande passante 20 GHz
 - Entre 20 et 40 GHz
 - Canal plat en fréquence
 - Symboles OFDM de 50 ns
- Simplification de la RF
 - Pas d'oscillateur variable
 - Changement de porteuse par simple ordre dans des buffers



De la radio intelligente dans une puce

Problème d'allocation des porteuses OFDMA pour diminuer la latence max. ou moy. de délivrance des messages

- cas statique : constamment 32 porteuses (resource bloc RB) par cluster connecté au RF NoC (allouées au cluster émetteur - SWMR)
- cas dynamique : en fonction des demandes des clusters
 - ➔ allocation différente des porteuses
 - ➔ approches décentralisées ou centralisées (overhead de comms)

Cycle intelligent

- Capteurs : niveau des files d'émission d'attente des clusters (QSI*)
- Décision : distribuée ou centralisée, LQF* et QPS* modifiés
- Adaptation : nombre / position / ordre de modulation des porteuses allouées à chaque utilisateur à chaque symbole OFDM

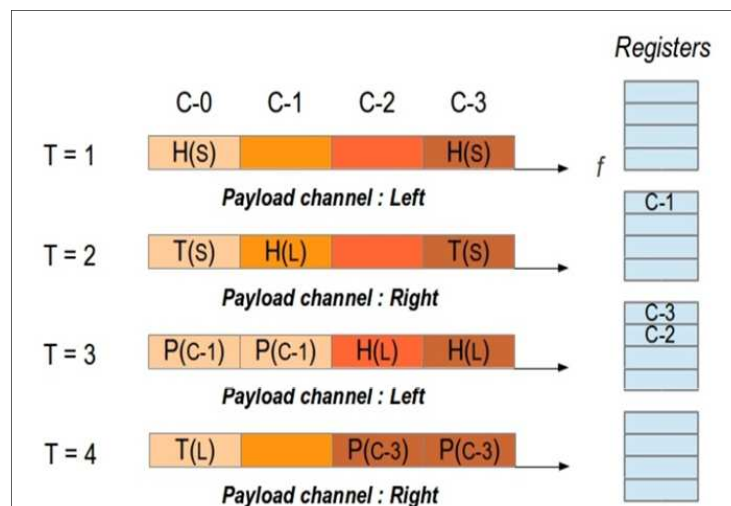
QSI : Queue State Information

LGF : Longest Queue First

QPS : Queue Proportional Scheduler

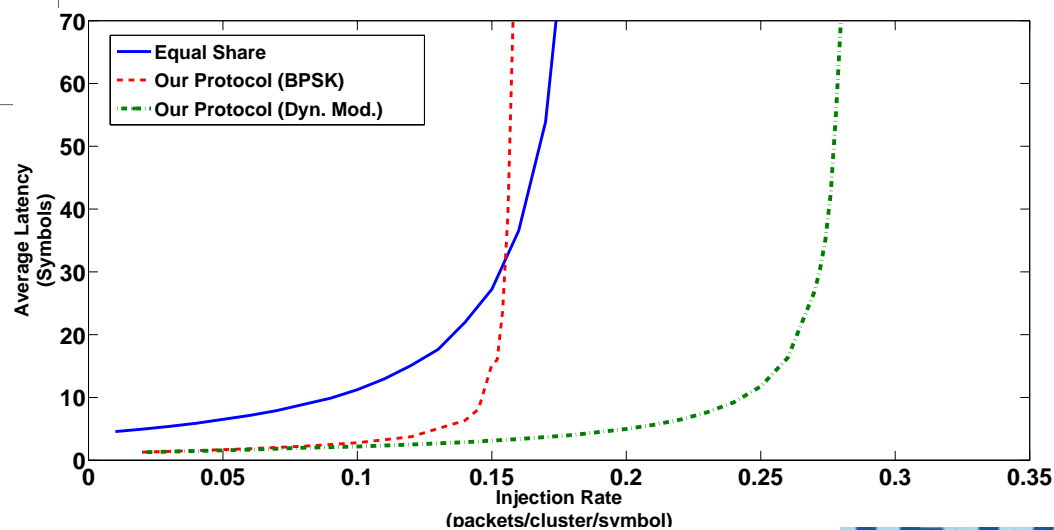
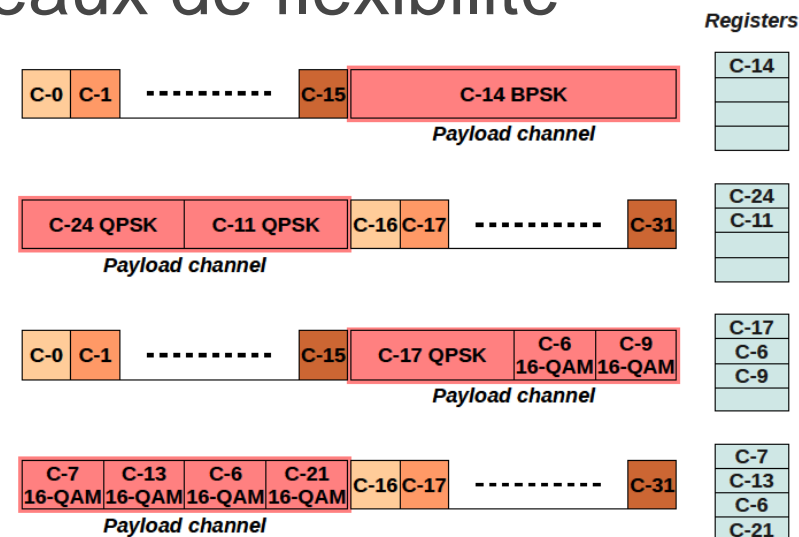
Résultats actuels

Schémas à différents niveaux de flexibilité

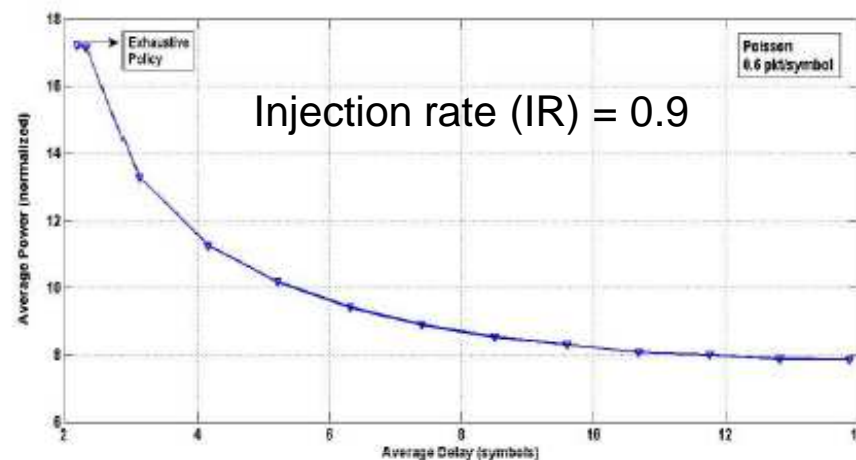
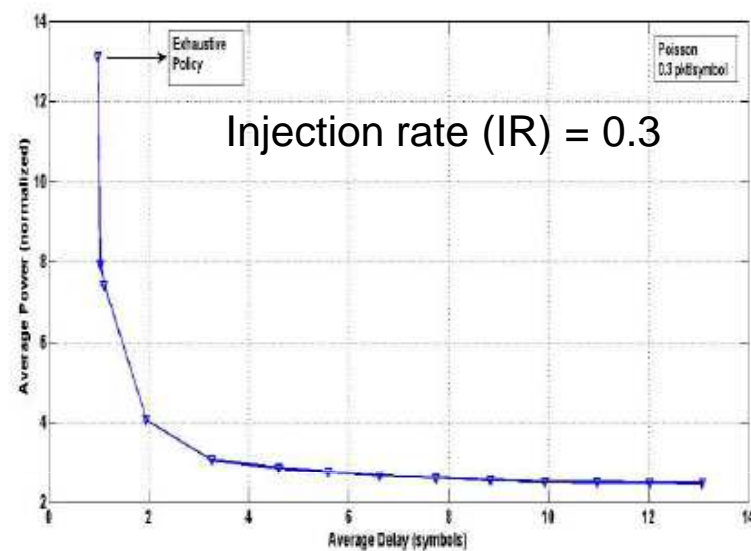


Allocation dynamique de RB
Modulation constante

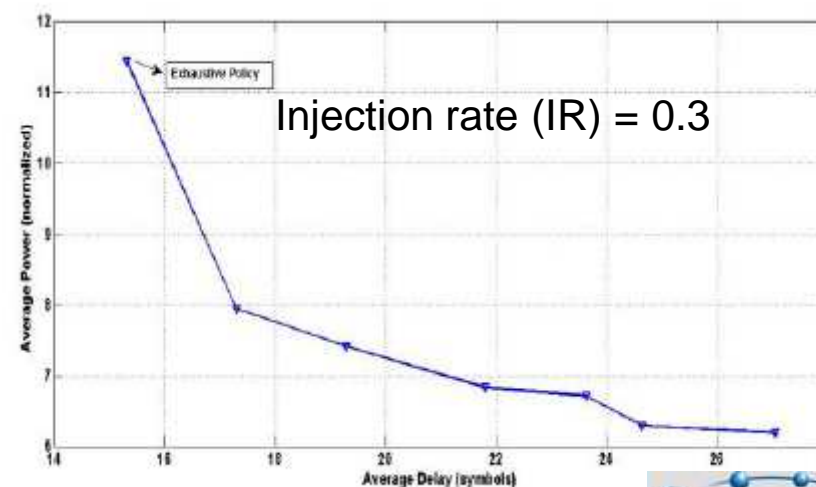
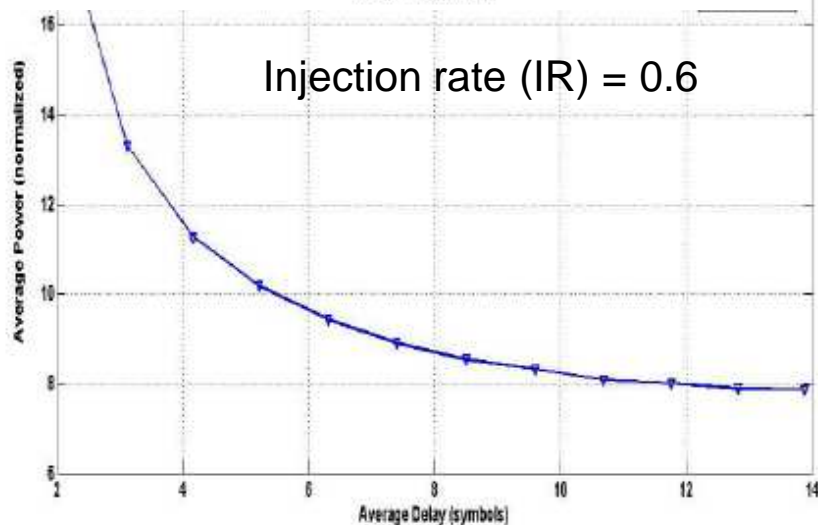
Allocation dynamique de RB
et de l'ordre de modulation



Eco-radio : compromis délai / ordre de modulation en fonction de la charge du NoC



Avec un trafic « bursty »



Eco-Radio au niveau équipement



Projet LabEx CominLabs :TEPN – Towards Energy Proportional Networks

Centrale Supélec, INSA de Rennes (INRIA, Télécom Bretagne – leader TEPN)

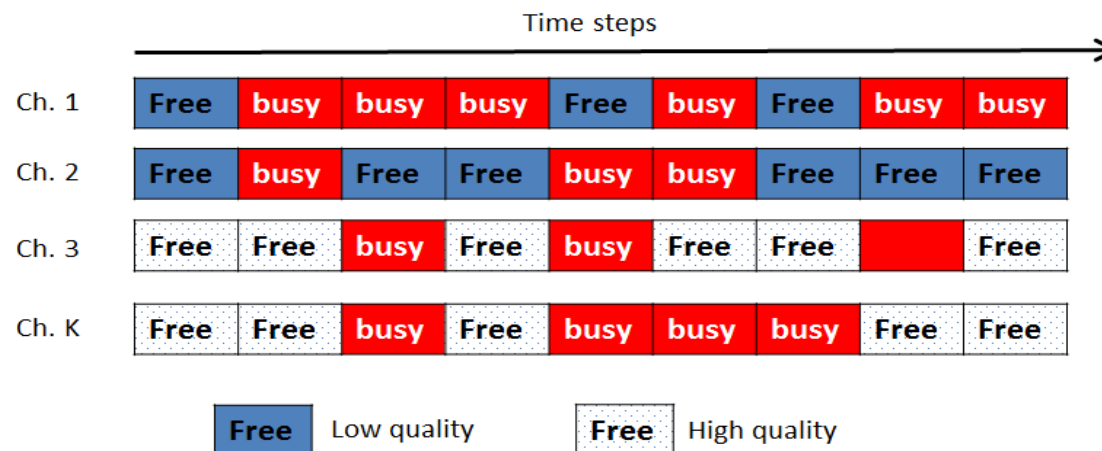
Thèse de Navikkumar MODI

Extension de l'apprentissage par renforcement pour l'OSA

Motivations

Apprentissage par renforcement pour l'efficacité énergétique pour l'accès opportuniste au spectre

- Ajout d'une composante « qualité » aux approches d'accès opportuniste au spectre (OSA) déjà explorées (MAB –UCB)
- Prédire quelle(s) bande(s) a la plus grande probabilité d'être libre avec la meilleure qualité ou nécessitant le moins de puissance d'émission
- Modélisation sous la forme de Multi-Armed Bandit markoviens



MAB : Multi-Armed Bandit
UCB : Upper Confidence Bound



Cycle intelligent

Capteurs :

- Détecteur de bande libre (absence d'utilisateur primaire)
- Estimateur de qualité (consommation ou SINR ou...)

Apprentissage/Décision :

- Nouvel UCB sur une métrique conjointe de qualité et de probabilité de vacance de chacun des canaux
- Effectué de manière séquentielle (un seul canal à chaque itération) pour conserver une tête RF de bande égale à celle d'un seul canal (et des calculs numériques au rythme de l'échantillonnage d'un seul canal)

Adaptation :

- Fréquence pour opter pour le meilleur canal pressenti pour la prochaine itération

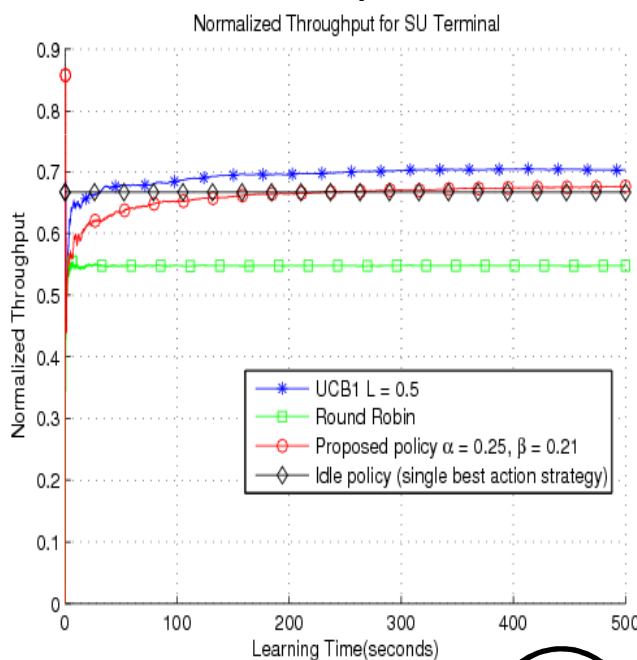
Etat actuel

Proposition d'un UCB modifié pour l'OSA tenant compte de la qualité des canaux (brevet en dépôt)

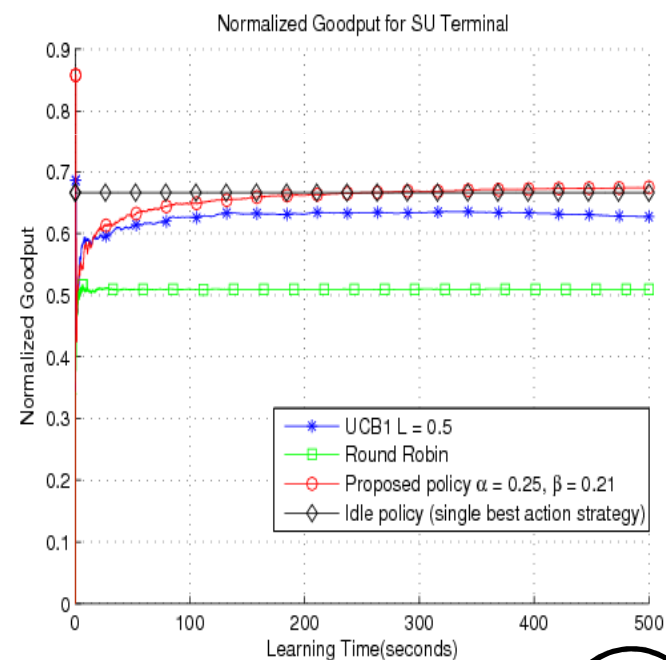
Contexte :

- le canal le plus libre l'est à 70% (mais 61% de goodput)
- le canal de meilleure qualité n'est libre qu'à 68% (mais 68% de goodput)

Accès à un canal libre :
UCB classique meilleur



Mais en terme de transmission
correcte : UCB modifié meilleur



channel mean
probability of vacancy →

Channel i	1	2	3	4	5	6
π_i	0.68	0.56	0.51	0.32	0.32	0.70
SINR _{dB}	10	8	6	4	3	1



Eco-Radio au niveau système de communication

Chaire UeB/CominLabs

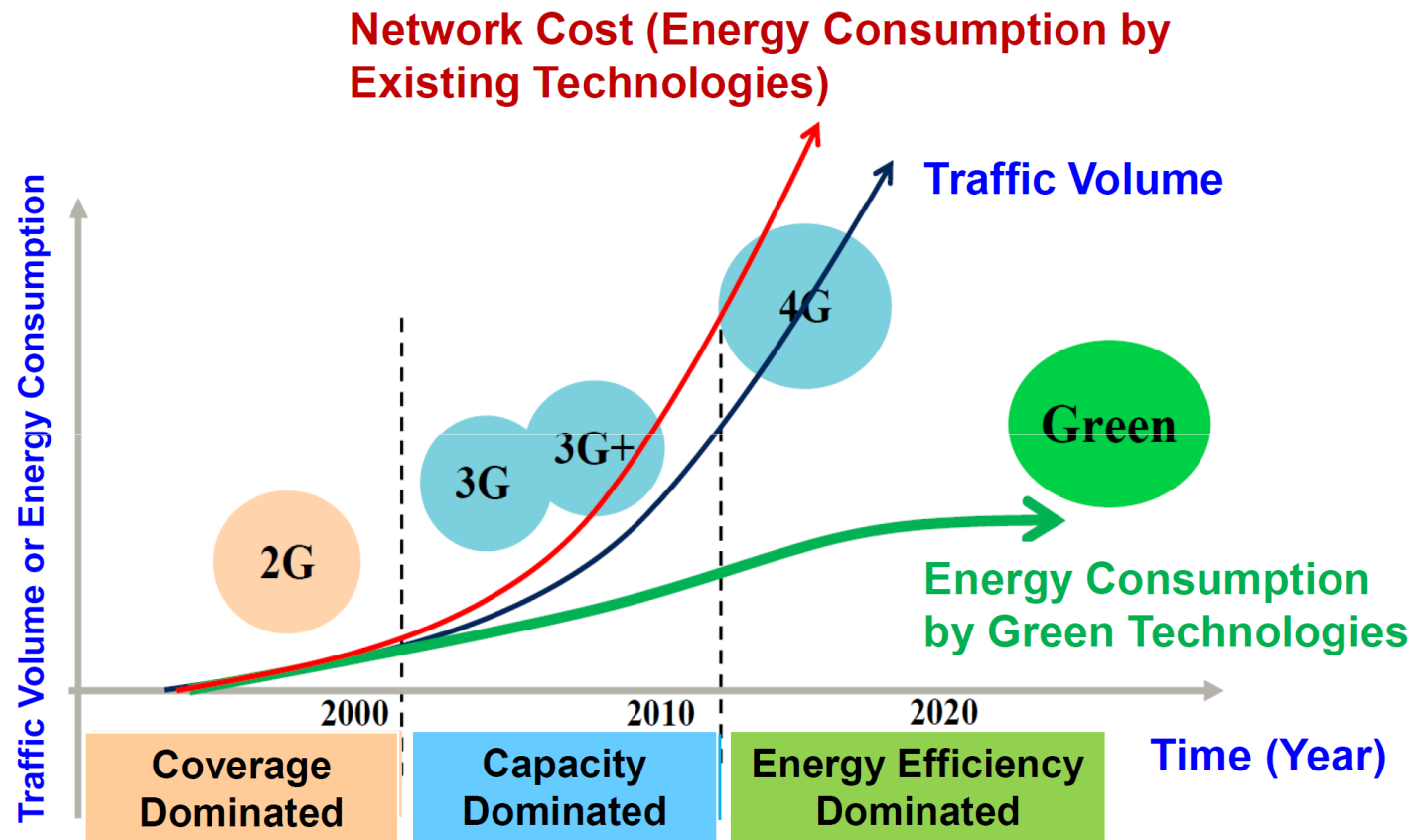
Honggang ZHANG

– Université de Zheijang, Chine

Projet GREAT : Green cognitive Radio for
Energy-Aware wireless communication
Technologies evolution

2 ans : 2013 et 2014

5G, vers l'efficacité énergétique

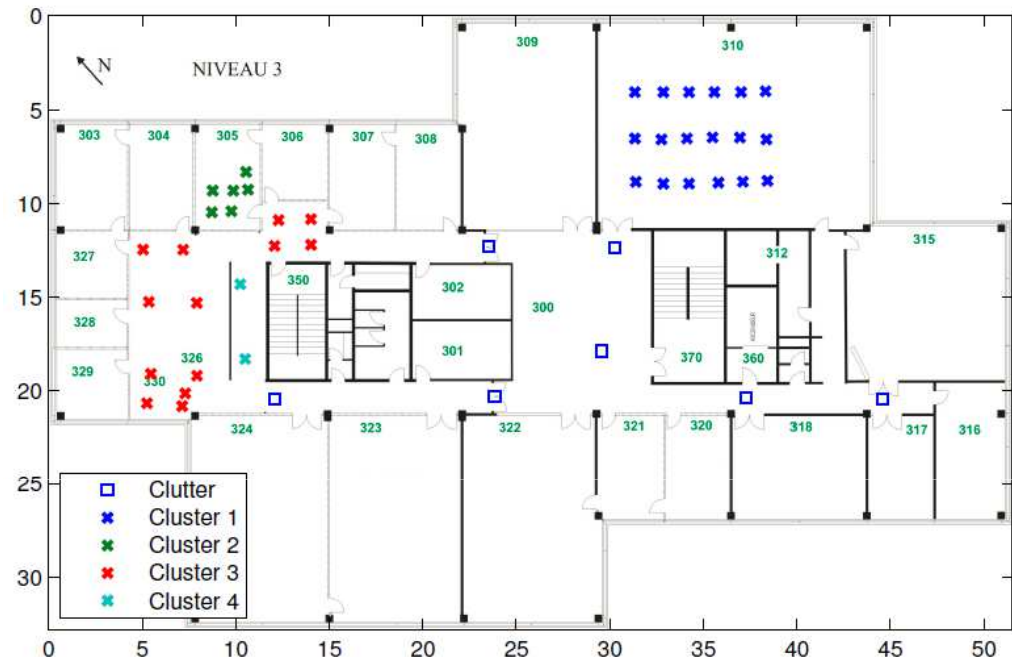
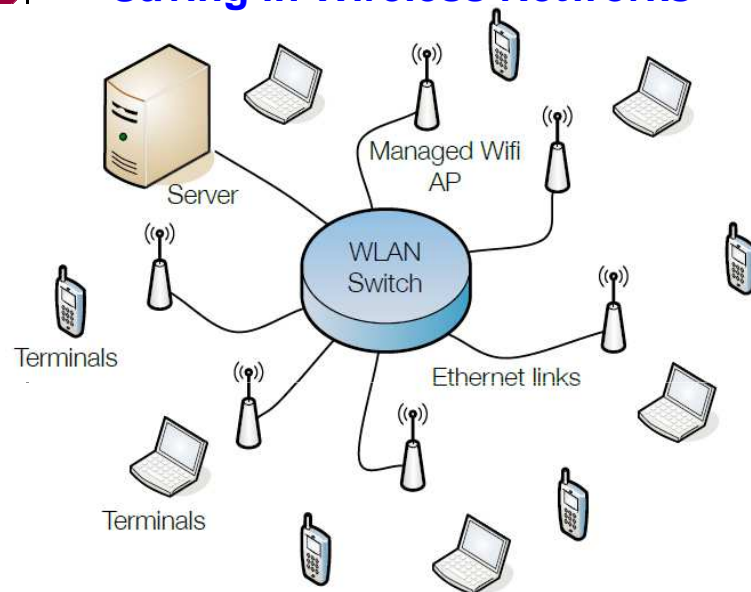


[4] Jacques PALICOT, Honggang ZHANG, Christophe MOY, "On the Road towards Green Radio", The Radio Science Bulletin, No 347, pp. 40-56, December 2013

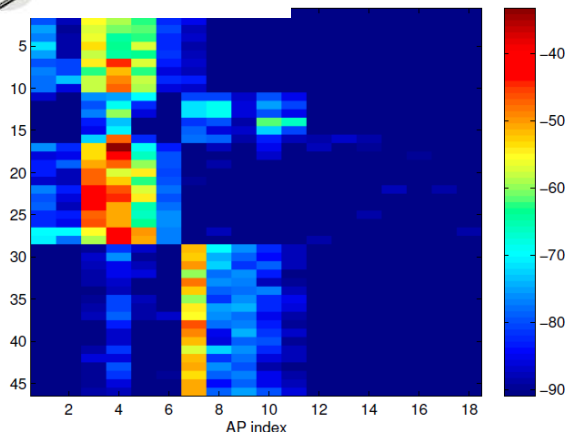
Démonstrateur

<https://drive.google.com/file/d/0B7UYiccAzvVrSDZHR0NDb3FxdzA/view?usp=sharing>

WiFi-Based Platform for Energy Saving in Wireless Networks



[4] H. Nouredine, H. Zhang, and J. Palicot, "RSS-Based Clustering of Mobile Terminals for Localization in Wireless Networks," in Proc. Int. Symp. on Wireless Communication Systems, ser. ISWCS2014, Aug. 2014



Energy Saving Approach Realizing Sleeping Mode (AP/BS Switching on-off) Based on Clustering (own algo based on RSS [4]) and Clusters Detection (simple algo based on RSS) by Applying the Indoor Location Algorithm



Cycle intelligent

Capteurs :

- Mesure du RSS
- Détection de clusters
- Localisation intra-bâtiment

Apprentissage/Décision :

- Apprentissage : clustering
- Allumer/éteindre les points d'accès WiFi ou les BTS 3G

Adaptation :

- points d'accès WiFi ou BTS 3G qui peuvent être rapidement endormis/réveillés

Pour nous contacter



Nos nouvelles adresses :
christophe.moy@centralesupelec.fr
jacques.palicot@centralesupelec.fr